

Audit Energi dan Penilaian Kualitas Daya Pada Penerangan Jalan Umum Politeknik Negeri Malang

Ahmad Hermawan^{a)}, Galih Hardika Sakti^{*a)}, Ferdian Ronilaya^{a)}, Satria Luthfi Hermawan^{a)}

(Artikel diterima: September 2022, direvisi: Oktober 2022)

Abstract: Public Street Lighting (PJU) is an important thing for campus residents especially in night time activities. PJU also function as the beauty and comfort of college student when doing activities / organization at night and also influencing the results of carried active by college student. PJU also serve to ease visions for campus guard so that it is easier to see or supervise the area around the campus from thieves or individuals who want to behave crimefully at State Polytechnic of Malang.

Keywords: Public street lighting, lights, strong lighting, energy savings, energy audits.

1. Pendahuluan

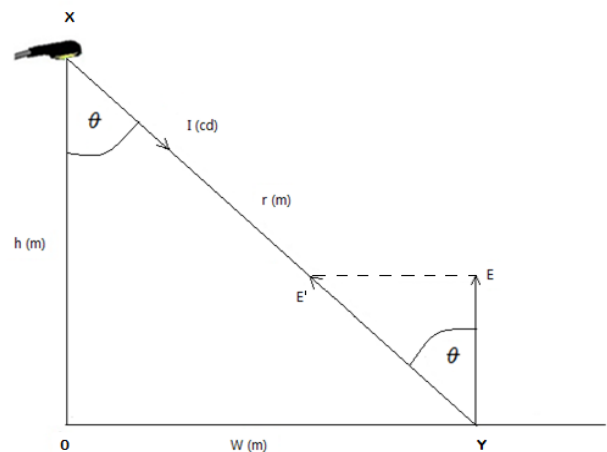
Di Politeknik Negeri Malang terdapat 12 PJU yang menggunakan lampu LED 90 watt , dan 46 PJU menggunakan lampu SON 150 watt . Kemudian lampu taman menggunakan lampu LED 13 watt dengan jumlah 118 buah , LED 11 watt dengan jumlah 12 buah , LED 15 watt 40 buah , lampu TL (Tube Lamp) 36 watt dengan jumlah 35 buah, SON T 250 watt dengan jumlah 2 buah ,lampu sorot LED 50 watt dengan jumlah 2 buah. Lampu-lampu tersebut menyala mulai pukul 17.00-05.00 dengan kinerja lampu 100% , padahal kegiatan kampus hanya sampai pukul 22.00, diatas jam 22.00 sudah tidak ada kegiatan apapun dikampus . Hal ini yang mengakibatkan banyaknya tagihan listrik karena penggunaan yang kurang efisien . Maka dari itu perlu diadakan pengoptimalan penggunaan energi

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penerangan Jalan Umum

Penerangan Jalan Umum (PJU) sangat penting dan ibuthkan oleh warga kampus, terutama saat beraktifitas di malam hari. PJU juga berfungsi sebagai keindahan dan kenyamanan mahasiswa saat berorganisasi/beraktifitas di malam hari serta berpengaruh juga terhadap hasil dari kegiatan yang dilakukan oleh mahasiswa.

2.2. Perhitungan Kuat Pencahayaan



Gambar 1 Perhitungan Iluminasi Mode Titik

$$E = E' \cos \theta \quad (1)$$

$$\text{Dimana : } E' = \frac{I}{r^2} \quad (2)$$

$$\cos \theta = \frac{h}{r} \quad (3)$$

Maka iluminasi pada titik tertentu (titik Y)

$$E_y = \left(\frac{I}{r^2} \right) \times \left(\frac{h}{r} \right) \quad (4)$$

Keterangan : E_y = Iluminasi pada titik Y (lux)

I = Intensitas Cahaya (candela)diperoleh dari pengukuran lux dibawah lampu.

* Korespondensi: email penulis : galihhardika24@gmail.com

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

r = Jarak sumber cahaya ke titik tertentu (m)

h = Tinggi sumber cahaya

2.3. Standar lux Penerangan Jalan Umum

Tabel 1 Kualitas Pencahayaan Normal

| Jenis/ klasifikasi jalan | Kuat pencahayaan (Illuminansi) | | Luminasi | | | Batasan silau | |
|--|-----------------------------------|--|--|----------------------------|----------------|------------------|------------|
| | E rata- rata (lux) | Kemerataa n (Uniformit y) g1 | L rata-rat a (cd/m ²) | Kemerataan (uniformity) | | G | TJ (%) |
| | | | | VD | VI | | |
| Trotoar | 1-4 | 0,10 | 0,10 | 0,40 | 0,50 | 4 | 20 |
| Jalan lokal : | | | | | | | |
| - Primer | 2 - 5 | 0,10 | 0,50 | 0,40 | 0,50 | 4 | 20 |
| - Sekunder | 2 - 5 | 0,10 | 0,50 | 0,40 | 0,50 | 4 | 20 |
| Jalan kolektor | | | | | | | |
| - Primer | 3 - 7 | 0,14 | 1,00 | 0,40 | 0,50 | 4 - 5 | 20 |
| - Sekunder | 3 - 7 | 0,14 | 1,00 | 0,40 | 0,50 | 4 - 5 | 20 |
| Jalan arteri : | | | | | 0,50 - | | 10 - |
| - Primer | | | | | 0,70 | | 20 |
| - Sekunder | 11 - 20 | 0,14 - 0,20 | 1,50 | 0,40 | 0,50 - | 5 - 6 | 10 - |
| | 11 - 20 | 0,14 - 0,20 | 1,50 | 0,40 | 0,70 | 5 - 6 | 20 |
| Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan | 15 - 20 | 0,14 - 0,20 | 1,50 | 0,40 | 0,50 - 0,70 | 5 - 6 | 10 - 20 |
| Jalan layang, simpang susun, terowongan | 20 - 25 | 0,20 | 2,00 | 0,40 | 0,70 | 6 | 10 |

(Sumber : SNI 7392, 2008)

Keterangan : $g1$: E min/E maks

VD : L min/L maks

VI : L min/ L rata-rata

G : Silau (glare)

TJ : Batas ambang kesilauan

2.4. Harmonisa

Harmonisa adalah bentuk tegangan atau arus sinusoidal yang memiliki frekuensi ganda, di mana frekuensi tersebut

merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar. Frekuensi dasar suatu sistem biasanya dirancang untuk beroperasi pada 50 atau 60 Hz, di Indonesia frekuensi dasar yang digunakan adalah 50 Hz. Bentuk gelombang yang terdistorsi dapat didekomposisi menjadi jumlah dari frekuensi dasar dan frekuensi harmonisa. Distorsi harmonisa berasal dari peralatan yang mempunyai karakteristik nonlinier perangkat dan beban pada sistem tenaga listrik (Dugan, 1996)

Berdasarkan sumber gelombangnya, kita ketahui ada harmonisa arus dan harmonisa tegangan. Harmonisa berdasarkan urutan ordenya dibedakan menjadi harmonisa urutan ganjil dan harmonisa urutan genap. Harmonisa urutan ganjil yaitu harmonisa ke 3, 5, 7, 9, 11 dan seterusnya. Urutan gelombang ke 1 adalah gelombang aslinya pada frekuensi dasar 50 Hz. Harmonisa Genap yaitu harmonisa ke 2, 4, 6, 8, 10 dan seterusnya.

Tabel 2 Batas Distorsi Harmonisa Arus

| MAXIMUM HARMONIC CURRENT DISTORSION In % of fundamental | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------|----------|----------|------|------|
| 1sc/IL | HARMONIS ORDER (ODD DISTORSION) | | | | | |
| | < 11 | 11≤h <17 | 17≤h <23 | 23≤h <35 | 35≤h | THD |
| < 20 | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20.-50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50-100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100-1000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| >1000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |

EVEN HARMONICS are limited to 25% of the odd harmonic limits above
All power generation equipment in limited to these values of currentdistorsion \, regardless of actual I_{sc}/IL
I_{sc} = Maximum short circuit current at PCC
IL = Maximum load current (fundamental frequency) at PCC

Nilai arus I_{sc} dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{sc} = j \frac{V_{sumber}}{Z_{total}} \tag{5}$$

Dijadikan per unit :

$$I_{sc} (pu) = I_{sc} \times I \text{ dasar} \tag{6}$$

$$I \text{ dasar diperoleh dari } = \frac{MVA_{dasar}}{\sqrt{3} \times kVA_{dasar}} \tag{7}$$

Dimana :

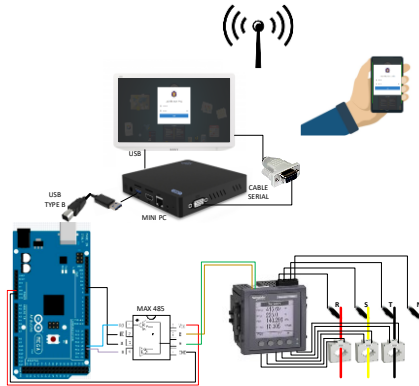
I_{sc} = Arus hubung singkat (j)

$I_{sc}(pu)$ = Arus hubung singkat (pu)

I_{dasar} = Arus dasar (A)

Z_{total} = Impedansi total (pu)

2.5. Web Based Power Quality Meter



Gambar 2 Single Line Diagram Alat

3. Metodologi

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada Desember 2018 – April 2019 di Politeknik Negeri Malang.

3.2. Data Penelitian

1. Wawancara

Wawancara yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan mengadakan tanya jawab langsung kepada responden dengan menggunakan wawancara terstruktur yang disiapkan terlebih dahulu.

2. Observasi (Pengamatan)

Dengan melakukan observasi penulis dapat datang secara langsung ke lokasi untuk melakukan pengamatan langsung pada penerangan jalan umum (PJU).

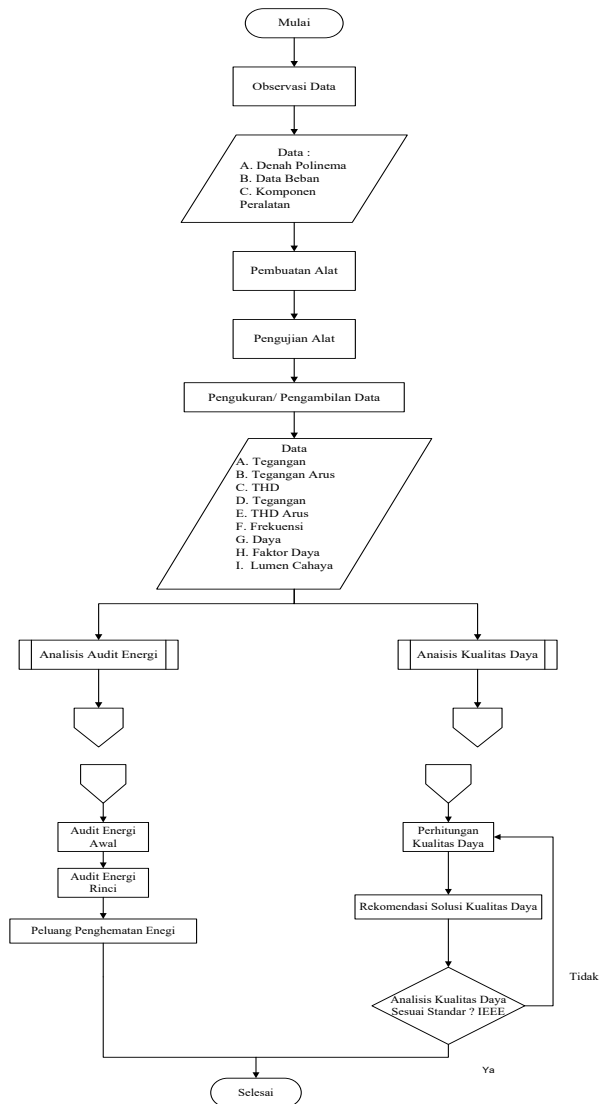
3. Dokumentasi

Pengambilan gambar digunakan sebagai penguat dari kegiatan observasi maupun wawancara langsung kita guna mengetahui keadaan riil lapangan.

4. Studi Literatur

Kegiatan ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai penerangan jalan umum (PJU)

3.3 Diagram Alir Penyelesaian Skripsi



Gambar 3 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

Pada penyelesaian skripsi ini pengambilan data menggunakan alat Web Base Power Quality Meter. Pengambilan data dilakukan pada panel PJU di Politeknik Negeri Malang. Setelah Pengambilan data maka dilakukan langkah berikutnya yaitu melakukan analisis audit energi dan analisis kualitas daya.

4. Pembahasan

4.1. Standar LUX

Standart Lux yang digunakan untuk menentukan standar menggunakan SNI 7391.2008 tentang spesifikasi dikawasan perkotaan . Berikut tabel standar lux sesuai dengan pengukuran.

Tabel 3 Perbandingan Standar dengan Pengukuran

| Tempat/Lokasi | Lux | SNI 7391.2008 | Keterangan |
|---------------|-----|---------------|------------|
| | | | |

| | | | |
|---------------------------------------|---|-----|--------------|
| Jalan utara Graha Polinema dan kantin | 1 | 2-5 | Tidak sesuai |
| Jalan depan Adm.Niaga | 1 | 2-5 | Tidak sesuai |
| Jalan depan Gedung AK | 4 | 2-5 | Sesuai |
| Jalan depan Gedung AS | 1 | 2-5 | Tidak sesuai |
| Jalan depan Gedung AA | 3 | 2-5 | Sesuai |
| Jalan depan Gedung AG | 1 | 2-5 | Tidak sesuai |
| Jalan depan Gedung AO | 5 | 2-5 | Sesuai |

Dari tabel perbandingan standar dan pengukuran pada PJU Politeknik Negeri Malang dapat diketahui bahwa masih ada beberapa jalan yang tidak memenuhi standar.

4.2 Audit Energi

Biaya tagihan sebelum audit

Cara menghitung tagihan biaya sebelum diaudit menggunakan data beban pada panel Penerangan Jalan Umum di Politeknik Negeri Malang sebagai berikut:

Total beban = 9452 W

Total kWh per hari = Total beban x Jam pemakaian
 = 9452 W x 12 jam
 = 113424 W = 113,424 kWh

Total kWh per bulan = 113,424 x 30 = 3402,72 kWh

Tagihan per bulan sebelum di audit

LWBP = Rp. 735/ kWh (22:00 – 18:00)

WBP = Rp. 1102,50 / kWh (18:00 – 22:00)

Nyala lampu PJU perhari 12 jam pada pukul 17:00 – 05:00

Biaya LWBP = 9452 W x 8 jam = 75,61 kWh
 = 75,61 x Rp.735 = Rp.55.573,35

Biaya WBP = 9452 W x 4 jam = 37,808 kWh
 = 37,808 x 1102,50 = Rp. 41.683,32

Jadi tagihan biaya perhari

Rp.55.573,35+Rp.41.683,32= Rp.97.256,67

Total biaya perbulan

Rp.97.256,67x 30 hari = Rp.2.917.700,1

Biaya tagihan sesudah di audit

Total beban = 7570 W

Total kWh per hari = Total beban x Jam pemakaian

= 7570 W x 12 jam

= 90840 W = 90,840 kWh

Total kWh per bulan = 90,840 x 30 = 2752,2 kWh

Tagihan Perbulan sesudah diaudit

LWBP = Rp. 735/ kWh (22:00 – 18:00)

WBP = Rp. 1102,50 / kWh (18:00 – 22:00)

Nyala lampu PJU perhari 12 jam pada pukul 17:00 – 05:00

Biaya LWBP = 7570 W x 8 jam = 60,56 kWh
 = 60,56 x Rp.735 = Rp.44.511,6

Biaya WBP = 7570 W x 4 jam = 30,28 kWh
 = 30,28 x 1102,50 = Rp. 33.383,7

Jadi tagihan biaya perhari

Rp.44.511,6+Rp.33.383,7= Rp.77.895,29

Total biaya perbulan

Rp.77.895,29 x 30 hari = Rp.2.336.858,9

Total biaya sebelum diaudit – total biaya sesudah diaudit

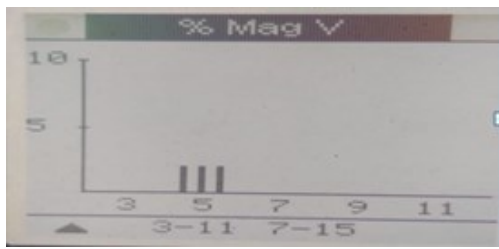
Rp.2.917.700,1 - Rp.2.336.858,9 = Rp.580.842

4.3 Analisis IHD (Individual Harmonic Distortion)

Terjadinya Beban non linier merupakan penyebab utama munculnya harmonisa pada jaringan listrik, harmonisa tersebut merupakan permasalahan yang sangat serius. Sedangkan beban non linier adalah peralatan-peralatan elektronika daya seperti *variable speed drive*, *rectifier*, inverter dan ups. Peralatan elektronika daya tersebut membawa kerugian yaitu memberikan bentuk gelombang yang tidak sinusoidal. Gelombang tersebut terinterferensi dengan gelombang frekuensi tinggi (harmonisa) sehingga menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik beserta peralatannya.

4.3.1 Analisis IHD Arus Pada Penerangan Jalan Umum di panel PJU UPT Politeknik Negeri Malang

Pada pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *Web – Based Power Quality Meter* pada panel PJU UPT Penerangan Jalan Umum di Politeknik Negeri Malang, maka di dapat beberapa data pengukuran yang digunakan untuk di analisis.



Gambar 4 Grafik IHDv PJU Panel UPT

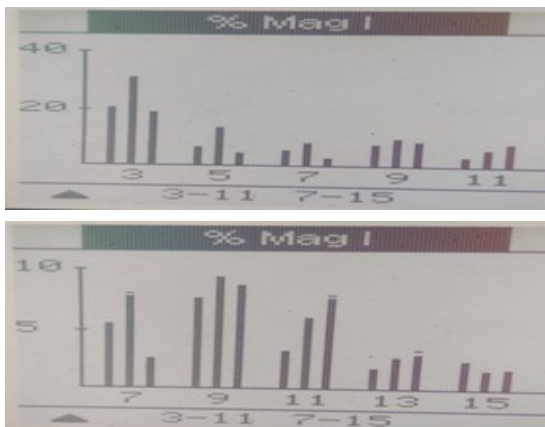
Tabel 4 IHDv terukur di PJU panel UPT

| Orde IHD | IHDv-R% | IHDv-S% | IHDv-T% |
|----------|---------|---------|---------|
| 3 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 7 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 5 Perbandingan Standar Harmonisa Tegangan

| Orde IHD | IHDv-R% | IHDv-S% | IHDv-T% | SPLN | Keterangan |
|----------|---------|---------|---------|------|------------|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 12 | Sesuai |
| 5 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 12 | Sesuai |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 12 | Sesuai |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 12 | Sesuai |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 12 | Sesuai |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 5,5 | Sesuai |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 5,5 | Sesuai |

Dari tabel perbandingan standar harmonisa tegangan diatas sesuai dengan SPLN sudah memenuhi standar.



Gambar 5 Grafik IHDi PJU panel UPT

Tabel 6 IHDi terukur di PJU panel UPT

| Orde IHD | IHDi-R% | IHDi-S% | IHDi-T% |
|----------|---------|---------|---------|
| 3 | 1,52 | 2,32 | 1,4 |
| 5 | 0,48 | 1 | 0,32 |
| 7 | 0,4 | 0,6 | 0,2 |
| 9 | 0,56 | 0,72 | 0,64 |
| 11 | 0,24 | 0,44 | 0,6 |
| 13 | 0,104 | 0,16 | 0,176 |
| 15 | 0,14 | 0,09 | 0,1 |

Tabel 7 Perbandingan Standar Harmonisa Arus

| Orde IHD | IHDI-R % | IHDI-S % | IHDI-T % | SPLN | Keterangan |
|----------|----------|----------|----------|------|------------|
| 3 | 1,52 | 2,32 | 1,4 | 12 | Sesuai |
| 5 | 0,48 | 1 | 0,32 | 12 | Sesuai |
| 7 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 12 | Sesuai |
| 9 | 0,56 | 0,72 | 0,64 | 12 | Sesuai |
| 11 | 0,24 | 0,44 | 0,6 | 12 | Sesuai |
| 13 | 0,104 | 0,16 | 0,176 | 5,5 | Sesuai |
| 15 | 0,14 | 0,09 | 0,1 | 5,5 | Sesuai |

Dari perbandingan standar harmonisa arus diatas sesuai dengan SPLN sudah memenuhi standar.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis memperoleh kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai Kajian Audit Energi dan *Power Quality* pada Penerangan Jalan Umum Politeknik Negeri Malang sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengukuran lux pada Penerangan Jalan Umum Politeknik Negeri Malang masih ada beberapa jalan yang tidak sesuai standar. Untuk standar penerangan pada PJU Politeknik Negeri Malang yaitu menggunakan standar SNI 7391.2008 sebesar 2-5 lux. Sedangkan pada jalan utara graha polinema, jalan depan Adm.niaga, jalan depan gedung AS, jalan depan gedung AG lux yg terukur adalah 1.
2. Berdasarkan perhitungan peluang penghematan energi diperoleh hasil penghematan sebesar Rp. 580.842
3. Berdasarkan hasil pengukuran harmonisa bahwa :
 - a. IHDv terukur pada panel PJU UPT yang paling besar yaitu 0,02%, panel PJU tandon air yaitu 0,019%, panel

PJU gedung AW yaitu 0,019%, panel PJU gedung AO yaitu 0,017%, panel PJU gedung AH yaitu 0,017%. Dari kelima panel tersebut masih sesuai standar yaitu dibawah 12%.

- b. IHDi terukur pada panel PJU UPT yang paling besar 2,32%, panel PJU tandon air 0,73%, panel PJU gedung AW 2,13%, panel PJU gedung AO 0,5%, panel PJU gedung AH 0,496%. Dari kelima panel tersebut masih sesuai standar yaitu dibawah 12%.

[9] Power System Engineering Committee. (1995). IEEE Std 446-1995. In T. I. Engineers, *IEEE Std 446-1995* (p. 53). New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers.

[10] Syarifudin, I. A. (n.d.). *Rancang bangun penataan lampu penerangan jalan umum di kota sintang*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.

5.2 Saran

1. Sebaiknya mengoptimalkan atau memperbaiki lampu penerangan jalan yang mati/rusak.
2. Sebaiknya lampu penerangan jalan SON 150 W diganti dengan lampu LED 90 W karena dapat menghemat pengeluaran per bulan sebesar Rp. 467.151,1.
3. Dikarenakan harmonisa tegangan dan arus sudah sesuai standar maka harus dilakukan perawatan rutin.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim1. *SNI 7391 Spesifikasi penerangan jalan dikawasan perkotaan*. (2008). Jakarta: Badan Standar Nasional.
- [2] *SNI 7391 Spesifikasi penerangan jalan dikawasan perkotaan*. (2008). Jakarta: Badan Standar Nasional.
- [3] *Power Quality(Rugulasi Harmonisa ,flicker, Ketidakseimbangan tegangan)*. (2012). Jakarta Selatan: PT.PLN(Persero).
- [4] Arghavani, H. (2017). Unbalanced current-based tariff. *IET Journals*, 883-884.
- [5] Badriana, N. (2018). Perancangan Perbaikan Faktor Daya Lampu TL Dengan Kapasitor. *Jurnal Energi Elektrik*, 12.
- [6] Dugan, R. C. (1996). *Electrical Power System Quality Second Edition*. New York: Mc Grawhill.
- [7] Mambela, R. (2014). *Studi Gangguan Hubung Singkat Pada Transformator Distribusi 20 kVA Di PT.PLN(PERSER) Area Pontianak*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- [8] PLN. (1995). *Tegangan-tegangan standar*. Jakarta: PLN.